



① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 10 333 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
B 25 J 5/04
B 23 Q 16/00
G 01 B 21/00

⑳ Aktenzeichen: 198 10 333.6
㉔ Anmeldetag: 11. 3. 98
㉕ Offenlegungstag: 23. 9. 99

DE 198 10 333 A 1

㉑ Anmelder:
Klett, Tilo, 98528 Suhl, DE

㉒ Vertreter:
Engel und Kollegen, 98527 Suhl

㉓ Erfinder:
gleich Anmelder

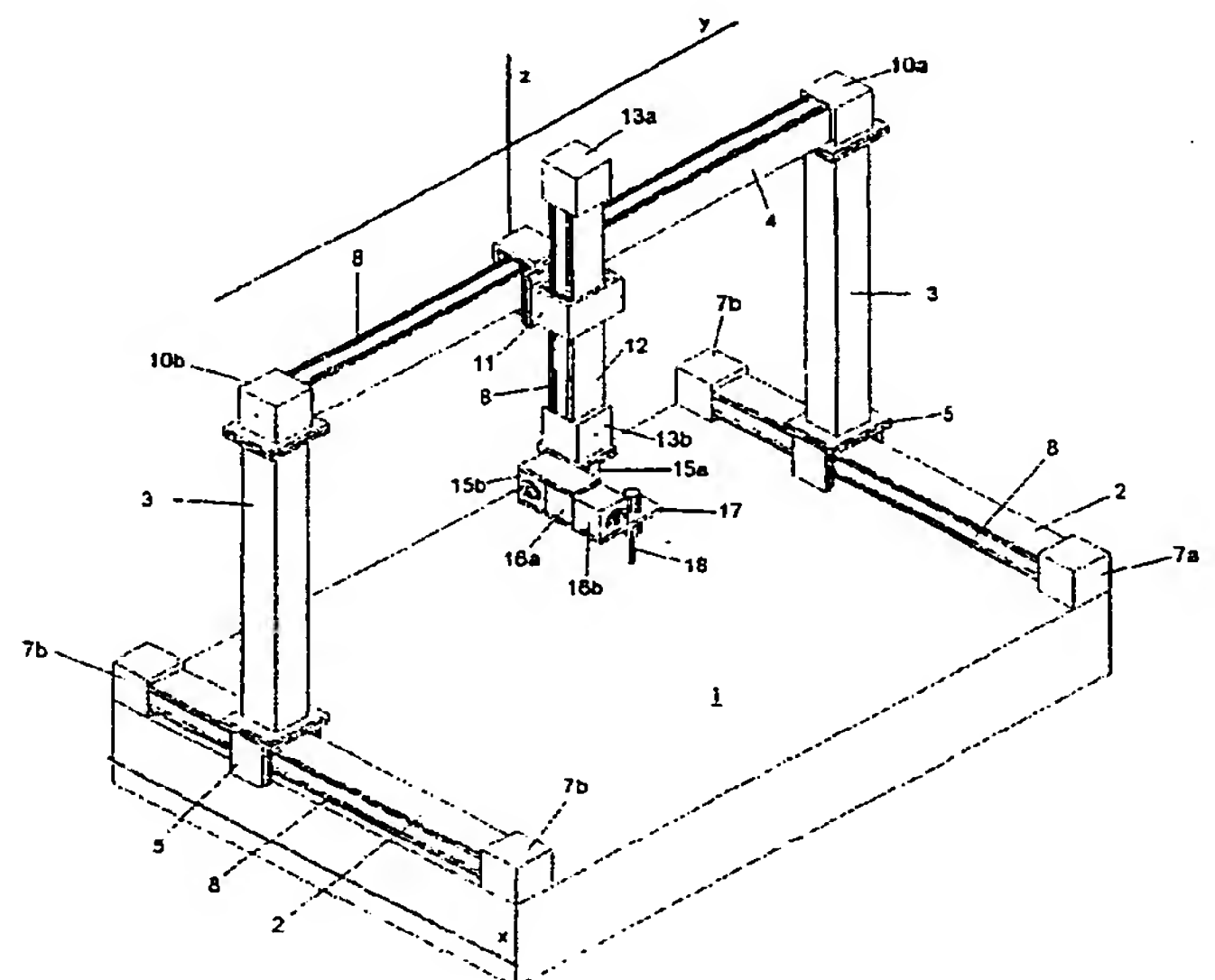
㉔ Entgegenhaltungen:
DE 94 02 241 U1
EP 01 68 850 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉕ Automat zur Positionierung eines Werkzeugs

㉖ Die Erfindung betrifft einen Automaten zur Positionierung eines Werkzeugs (18), wobei das Werkzeug an beliebigen Punkten innerhalb eines Bearbeitungsraums positionierbar ist. Der Automat umfaßt u. a. eine Bearbeitungsebene (1); mindestens zwei zueinander parallele Längsführungen (2); einen U-förmigen Portalaufbau, der sich über die Bearbeitungsebene erhebt; einen mit einer im wesentlichen senkrecht zur Bearbeitungsebene verlaufenden Vertikalführung ausgerüsteten Werkzeugarm (12); eine Drehmoduleinheit, die an dem der Bearbeitungsebene zugewandten Ende des Werkzeugarms (12) befestigt ist, ihrerseits bestehend aus einem ersten Drehmodul (15) und einem zweiten Drehmodul (16), welches drehbar am ersten Drehmodul befestigt ist, wobei die Drehachse des zweiten Drehmoduls senkrecht zur Drehachse des ersten Drehmoduls verläuft; und einen Werkzeugträger (17), der drehbar am zweiten Drehmodul (16) befestigt ist und das Werkzeug (18) trägt. Der Automat ermöglicht die vereinfachte Ausführung komplizierter Bewegungen im Raum wobei mit Hilfe von 5 Bewegungsachsen eine Funktionalität erzielt wird, die bisher nur bei 6-Achsen-Geräten erreichbar ist.



DE 198 10 333 A 1

BEST AVAILABLE COPY

BUNDESDRUCKEREI 07.99 902 038/93/1

23

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Automaten zur Positionierung eines Werkzeugs, wobei das Werkzeug an beliebigen Punkten innerhalb eines Bearbeitungsraums positionierbar ist. Derartige Automaten werden häufig auch als Roboter bezeichnet.

Im industriellen Bereich haben bei der Automatisierung von Produktionsvorgängen in den letzten Jahren vor allen Dingen sogenannte Knickarm-Roboter und Portalroboter besondere Bedeutung erlangt. Die wichtigsten Einsatzgebiete derartiger Automaten sind Schweiß-, Schneid-, Klebe- und andere Fügevorgänge sowie die automatische Handhabung von Werkstücken und Baugruppen. Häufig sind Roboter für einen sehr speziellen Einsatzzweck konzipiert.

Die deutsche Patentschrift DE 27 54 436 beschreibt einen rechnergesteuerten Manipulator. Der beschriebene Manipulator besitzt einen angetriebenen Greifer, dessen Position in mehreren Richtungen veränderbar ist. Dazu weist der Manipulator mehrere Bewegungsachsen auf, entlang welcher Linearantriebe angeordnet sind. Aufgrund der verwendeten Linearantriebe ist nur eine relativ ungenaue Positionierung des Greifers möglich. Die Kraftübertragung entlang der zueinander im Winkel angeordneten Bewegungsachsen hat aufgrund der sich ergebenden Hebelwirkung zur Folge, daß der Manipulator bereits zur Bewegung kleinerer Massen sehr massiv ausulegen ist.

Verschiedene Gestaltungen moderner Knickarm-Roboter sind beispielsweise in einem Firmenprospekt der Firma Comau S.p.A. aus dem Jahre 1997 gezeigt. Moderne Knickarm-Roboter weisen bis zu sechs Achsen auf, wodurch entsprechend viele Freiheitsgrade zur Verfügung gestellt werden. Nahezu alle gängigen Knickarm-Roboter besitzen am Ende der Bewegungskette ein Handgelenk, welches Drehbewegungen um zwei Achsen ermöglicht. Um mit einem Knickarm-Roboter innerhalb eines Bearbeitungsraums jede beliebige Position anfahren zu können, ist ein sehr großer Aufbau des Roboters erforderlich, da im ungünstigen Fall der Ausleger des Roboters über ein zu bearbeitendes Werkstück geführt werden muß, damit die Rückseite des Werkstückes mit dem Handgelenk erreichbar ist. Aufgrund der erforderlichen großen Abmessungen der Knickarm-Roboter müssen die Gelenke zwischen den einzelnen Elementen des Roboters große Kräfte aufnehmen können und leistungsfähige Antriebe eingesetzt werden. Bei diesen notwendigerweise stabilen und großen Konstruktionen bereitet die Gewährleistung einer hohen Positioniergenauigkeit Probleme. Die maximal mit dem Handgelenk zu bewegenden Massen sind relativ klein.

In der europäischen Patentschrift EP 0 073 185 ist ein Schweißautomat dargestellt, bei welchem der Grundaufbau eines Portalroboters mit den Vorteilen eines Knickarm-Roboters kombiniert wurde. Der Portalbau wird durch zwei lotrecht stehende Säulen gebildet, die den horizontal verlaufenden Balken tragen, der an diesen Säulen in vertikaler Richtung verschoben werden kann. An dem Balken ist ein herkömmlicher Knickarm-Roboter angebracht, der in horizontaler Richtung längs des Balkens verschoben werden kann. An dem der Bearbeitungsebene zugewandten Ende des Knickarm-Roboters befindet sich wiederum ein Handgelenk. Der Nachteil des dargestellten Schweißautomaten besteht vor allen Dingen in der schwierigen Ansteuerbarkeit der einzelnen Antriebe, da die jeweiligen Bewegungen koordiniert ablaufen müssen. Um den Automaten einen bestimmten Bewegungsablauf ausführen zu lassen, ist in der Regel eine aufwendige Programmierung für jeden einzelnen Antrieb erforderlich. Die erreichbare Positioniergenauigkeit des gezeigten Automaten ist aufgrund des verwendeten

Knickarm-Roboters relativ gering.

Ein verbessertes Antriebssystem, welches beispielsweise für Automaten eingesetzt werden kann, ist in einer Firmenschrift zur Produktlinie "MORSE" der Firma Amtec Automatisierungs-Mess- und Testtechnologien GmbH vom April 1997 beschrieben. Dabei handelt es sich um einzelne Antriebsmodule, die mit einer sogenannten lokalen Intelligenz ausgerüstet sind, so daß ihre Ansteuerung in einfacher Weise über einen seriellen Bus erfolgen kann.

In einem Firmenprospekt der Firma H.G. Ridder Automatisierungs-GmbH zu der Produktreihe "WARICUT" ist ein CNC-Hochdruck-Wasserstrahl-Schneidsystem dargestellt. Dieses Schneidsystem weist einen Portalaufbau auf, bei welchem zwei Tragsäulen entlang von Längsführungen bewegbar sind. Die beiden Tragsäulen sind durch einen Tragbalken verbunden, der eine Querverführung für einen im wesentlichen senkrecht zur Bearbeitungsebene verlaufenden Werkzeugarm bereitstellt. An dem der Bearbeitungsebene zugewandten Ende des Werkzeugarms ist ein Werkzeugträger befestigt. Mit einem derartigen Gerät ist nur eine senkrecht zur Bearbeitungsebene angeordnete Werkzeugführung möglich, so daß beispielsweise die Veränderung des Schnittwinkels, in welchem der Wasserstrahl auf das Werkstück auftrifft, nicht möglich ist. Dieses Gerät nach dem Stand der Technik ermöglicht auch den Einsatz von fünf Bewegungsachsen unter Verwendung eines Handgelenkmoduls, wodurch eine bessere Einstellmöglichkeit für das Werkzeug gegeben ist. Jedoch wird in diesem Fall der Bearbeitungsraum, in welchem das Werkzeug eingesetzt werden kann, deutlich eingeschränkt, da beispielsweise bei der Schrägstellung des Werkzeugs ein erheblicher Abstand zwischen Werkzeug und senkrechter Bewegungsachse resultiert. Aufgrund dieses Abstandes sind zum Abfahren von kreisförmigen Bewegungsbahnen mit schräg gestelltem Werkzeug von der senkrechten Bewegungsachse Bahnen mit deutlich größeren Radien zu befahren, was letztlich zu einer Verringerung der Arbeitsgeschwindigkeit führt. Bei derartigen Bewegungsbahnen ist auch eine vollständige Drehung (360°) um die senkrechte Bewegungsachse (z-Achse) erforderlich, was zu Konflikten mit den Versorgungsleitungen führt.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die oben genannten Nachteile von Automaten nach dem Stand der Technik zu vermeiden. Durch die Erfindung soll ein Automat zur Verfügung gestellt werden, der die Positionierung eines Werkzeuges an beliebigen Punkten innerhalb eines Bearbeitungsraums ermöglicht, einen einfacheren Aufbau besitzt und besser steuerbar ist.

Diese und weitere Aufgaben werden durch einen Automaten gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst. Der erfindungsgemäße Automat bietet den Vorteil, daß das Werkzeug an beliebigen Punkten innerhalb des Bearbeitungsraumes positionierbar ist, ohne daß die äußeren Abmessungen des Automaten den Bearbeitungsraum wesentlich überschreiten. Im Gegensatz zu den meisten herkömmlichen Portalrobotern ist es aufgrund der parallelen Längsführungen, auf welchen der Portalaufbau in Längsrichtung bewegt werden kann, möglich, den Automaten und das an diesem befestigte Werkzeug aus dem Bearbeitungsraum herauszufahren, so daß das im Bearbeitungsraum befindliche Werkstück bzw. die dort angeordnete Baugruppe gut zugänglich sind und beispielsweise von anderen Handhabungsautomaten aufgenommen und abtransportiert werden können. Aufgrund des Aufbaus des erfindungsgemäßen Automaten, der prinzipiell dem eines Portalroboters entspricht, können am Werkzeugträger große Kräfte aufgenommen werden. Dies wird auch dadurch unterstützt, daß zur Bereitstellung der Verfahrbarkeit des Werkzeugträgers entlang von drei senkrecht zueinander stehenden Raumachsen (x, y, z) keine Dreh- oder Knickge-

lenke erforderlich sind. Die Kraftübertragung auf die Längsführungen bereitet keine Schwierigkeiten. Durch die Verwendung präziser Längsführungen in Kombination mit Antrieben mit hoher Wiederholgenauigkeit (z. B. Schrittmotoren) kann der erfindungsgemäße Automat mit einer Wiederholgenauigkeit ausgeführt werden, die bei herkömmlichen Knickarm-Robotern nicht erzielbar ist. Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Automaten ergibt sich daraus, daß am Ende der Bewegungskette eine Drehmoduleinheit angeordnet ist, die aus einem ersten Drehmodul und einem zweiten Drehmodul, welches drehbar am ersten Drehmodul befestigt ist und dessen Drehachse senkrecht zur Drehachse des ersten Drehmoduls verläuft, besteht. Ein Handgelenkmodul, wie es beinahe bei allen anderen Robotern eingesetzt wird, ist somit nicht erforderlich, wodurch die Nachteile derartiger Module entfallen. Die Positioniergenauigkeit, die durch Verwendung der Drehmodule erreicht werden kann, kann über der mit Handgelenken erzielbaren Positioniergenauigkeit liegen.

Bei einer ersten Ausführungsform sind das erste und das zweite Drehmodul so angeordnet, daß ihre Drehachsen parallel zur Bearbeitungsebene verlaufen. Diese Ausführung eignet sich besonders für den Einsatz an Wasserstrahl-Schneidgeräten, bei denen das am zweiten Drehmodul befestigte Werkzeug während der Bearbeitung in einem gewünschten Winkel zur Bearbeitungsebene geführt werden kann, um optimale Schnittergebnisse an den Schnittkanten zu erhalten. Ein weiterer Vorteil der Verwendung von Drehmodulen anstelle von Handgelenkmodulen bei Wasserstrahl-Schneidgeräten besteht darin, daß derartige Drehmodule einfach in wasserdichter Ausführung hergestellt werden können, was sie unempfindlich gegen Spritzwasser macht. Auch die anderen Antriebsmodule können bei dieser Anwendung in einer wasserdichten Ausführung gestaltet werden.

Bei einer zweiten Ausführungsform verläuft die Drehachse des ersten Drehmoduls hingegen senkrecht zur Bearbeitungsebene, während die Drehachse des zweiten Drehmoduls parallel zur Bearbeitungsebene verläuft. Diese Anordnung der Drehmodule eignet sich vorwiegend für den Einsatz in Laserschneid- bzw. Laserschweißsystemen, bei welchen es in den meisten Fällen gewünscht ist, daß der Laserstrahl senkrecht auf das zu bearbeitende Werkstück auftrifft.

Bei einer veränderten Ausführungsform können die Tragsäulen auf ein konstruktiv notwendiges Mindestmaß verkürzt sein. Die gewünschte Höhe des Bearbeitungsraums wird dann durch einen festen Unterbau (beispielsweise aus Granit) erzielt.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Automaten ist das zweite Drehmodul so am ersten Drehmodul befestigt, daß das am Werkzeugträger befestigte Werkzeug achssymmetrisch zur Drehachse des ersten Drehmoduls angeordnet ist, wenn die Verdrehung des zweiten Drehmoduls null Grad beträgt. Besonders vorteilhaft ist es außerdem, wenn bei dieser Ausführungsform die Drehachse des ersten Drehmoduls die (verlängerte) Symmetrieachse der Vertikalführung des Werkzeugarms schneidet. Mit dieser konstruktiven Gestaltung ist gewährleistet, daß das Werkzeug unmittelbar vor der vertikal verlaufenden Achse des Werkzeugarms (z-Achse) positioniert ist und an dieser Stelle in zwei Richtungen senkrecht zur Vertikalachse verdrehbar ist, wobei die fluchtende Anordnung mit der Vertikalführung in jedem Fall gewährleistet bleibt. Durch diese besonders vorteilhafte Anordnung können die gewünschten Verfahrenswege zwischen zwei Positionen, die beliebig innerhalb des Bearbeitungsraumes angeordnet sind, durch einfache mathematische Funktionen beschrieben werden. Dies

hat zur Folge, daß die jeweils benötigte Ansteuerung der einzelnen Antriebe des Automaten wesentlich einfacher programmiert werden können, als dies bei bisherigen Geräten der Fall ist. Außerdem bewirkt diese Anordnung, daß beispielsweise bei der Bewegung des Werkzeugs entlang einer im Bearbeitungsraum liegenden Ellipsenbahn das jeweilige Werkzeug an jedem Punkt dieser Bahn vor der Vertikalführung des Werkzeugarms positioniert bleibt, so daß keine Konflikte mit den notwendigen Versorgungsleitungen für das Werkzeug entstehen. Obwohl es sich bei der erfindungsgemäßen Anordnung um einen 5-Achsen-Automaten handelt, sind mit diesem aufgrund der besonderen Anordnung der beiden Drehmodule Bewegungsabläufe ausführbar, die bei Geräten nach dem Stand der Technik nur mit 6-Achsen-Automaten möglich sind.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß alle Antriebseinheiten und Drehmodule autarke Krafterzeugungseinheiten sind, die eine einheitliche Schnittstelle zum Datenaustausch besitzen und über einen seriellen Datenbus ansteuerbar sind. Derartige Module besitzen eine integrierte Steuereinheit, welcher lediglich die Daten der gewünschten Bewegung/Position zugeführt werden müssen und die aus diesen Daten selbsttätig die erforderlichen Ansteuersignale für das eigentliche Antriebselement generiert. Durch die Verwendung eines seriellen Datenbusses zur Datenübertragung verringert sich der Verkabelungsaufwand. Die Module sind mit einer einheitlichen Schnittstelle für Stromversorgung und Datenübermittlung ausgerüstet. Sie besitzen zudem ein geringes Gewicht, wodurch die Gestaltung des erfindungsgemäßen Automaten in Leichtbauweise ermöglicht wird. Außerdem können die Automaten durch den modularen Aufbau jederzeit erweitert oder den veränderten Produktionsanforderungen angepaßt werden.

Eine zweckmäßige Ausführungsform des erfindungsgemäßen Automaten besitzt erste, zweite und dritte Antriebseinheiten, die jeweils aus einem Motormodul und einem Lagermodul bestehen, zwischen denen jeweils eine Linearführung verläuft, welche die Längsführung, die Querführung bzw. die Vertikalführung bereitstellt. Vorzugsweise sind dabei die Motormodule und die Lagermodule würfelförmig gestaltet. Aufgrund dieser konstruktiven Merkmale bilden die Antriebsmodule und die jeweiligen Führungen Baueinheiten, die untereinander auf einfache Weise zu dem gewünschten Portalaufbau miteinander verbunden werden können. Auf diese Weise ist es möglich, erfindungsgemäße Automaten mit unterschiedlicher Baugröße bereitzustellen, die speziell an den jeweiligen Anwendungsfall angepaßt sind. Ein weiterer Vorteil des modularen Aufbaus besteht in der schnellen Austauschbarkeit einzelner Module im Fehler- oder Wartungsfall. Zu bevorzugende Module besitzen neben dem Steuersystem auch ein Meßsystem, welches die ausgeführten Bewegungen erfaßt, so daß Rückinformationen in einen Regelkreis einfließen können.

Vorzugsweise werden die gewünschten Linearbewegungen dadurch bereitgestellt, daß die im Motormodul erzeugte Drehbewegung mit einem längs der Linearführung verlaufenden Zahnriemen oder einem Spindelantrieb in die Linearbewegung umgesetzt wird. Die jeweils zu bevorzugende Weise der Bewegungstransformation ist abhängig von den Anforderungen, die an die Positioniergenauigkeit, die Geschwindigkeit und die zu übertragenden Kräfte des Automaten gestellt werden. Bei Verwendung von Spindelantrieben können beispielsweise Positioniergenauigkeiten von $\pm 0,005$ mm je Achse erzielt werden, woraus eine Genauigkeit des Automaten von etwa $\pm 0,01$ mm resultiert.

Eine besonders zu bevorzugende Ausführungsform des Automaten zeichnet sich dadurch aus, daß das erste und das

zweite Drehmodul jeweils aus zwei Würfeln bestehen, die zueinander verdrehbar sind. Derartige Drehmodule können ohne Schwierigkeiten miteinander verbunden werden und ermöglichen eine flexible Gestaltung der Befestigung des Werkzeugträgers.

Bei einer abgewandelten Ausführungsform des Automaten ist am Werkzeugträger ein Kraft-Momenten-Sensor angeordnet. Einerseits läßt sich mit diesem Sensor die vom Automaten am Werkzeug aufgebrachte Kraft messen, wobei das gewonnene Meßsignal bei Bedarf als Eingangssignal für einen Regelkreis verwendet werden kann. Andererseits dient der Kraft-Momenten-Sensor der vereinfachten Programmierung des erfindungsgemäßen Automaten. Um dem Automaten einen gewünschten Bewegungsablauf einzuprägen, kann dieser Bewegungsablauf an einem Modell abgefahren werden, wobei durch den Kraft-Momenten-Sensor Unebenheiten in einer Kontur und Körperkanten erfaßt werden. Es können aber auch andere Fügenahtverfolgungssysteme zum Einsatz kommen, die eine vereinfachte Programmierung der gewünschten Bewegungsbahn ermöglichen (siehe in).

Bei abgewandelten, zweckmäßigen Ausführungsformen des Automaten ist das Werkzeug ein Schweißgerät, ein Wasserstrahl-Schneidgerät, ein Laser oder ein Greifer. Am Werkzeugträger können aber auch beliebige andere Werkzeuge befestigt werden. Damit steht ein flexibler Automat zur Verfügung, der bei Änderungen des Produktionsablaufes in kurzer Zeit für andere Aufgaben umgerüstet werden kann.

Der erfindungsgemäße Automat kann auch bei beliebigen anderen Fügeverfahren zum Einsatz kommen.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1 in einer perspektivischen Ansicht einen erfindungsgemäßen Automaten mit einer Drehmoduleinheit in Ausgangsposition;

Fig. 2 in einer perspektivischen Ansicht den Automaten aus **Fig. 1** mit der Drehmoduleinheit in einer ersten Arbeitsposition;

Fig. 3 in einer perspektivischen Detailansicht einen Werkzeugarm mit einer daran befestigten Drehmoduleinheit;

Fig. 4 in einer seitlichen Detailansicht die Drehmoduleinheit, wobei sich ein erstes Drehmodul in einer verdrehten Position befindet;

Fig. 5 in einer seitlichen Detailansicht die Drehmoduleinheit aus **Fig. 4**, wobei sich ein zweites Drehmodul ebenfalls in einer verdrehten Position befindet.

Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Ansicht einen erfindungsgemäßen Automaten. Der Automat besitzt eine Bearbeitungsebene 1, die in beliebiger, der jeweiligen Arbeitsaufgabe angepaßter Weise gestaltet sein kann. Beispielsweise kommen Lochrastertische zur Anwendung, auf denen ein zu bearbeitendes Werkstück befestigt werden kann. Es ist auch möglich, daß die Bearbeitungsebene Aussparungen oder Erhebungen aufweist, die für den jeweiligen Einsatzzweck vorteilhaft sind. Zum Beispiel ist es bei der Ausführung von Wasserstrahl-Schneidvorgängen zweckmäßig, die Bearbeitungsebene in Form eines Gitters zu gestalten, unter welchem eine Wasserauffangwanne positioniert ist, die der Aufnahme des Wasserstrahls und gleichzeitig der Energiereduzierung dieses Strahls dient.

Im dargestellten Beispiel sind im wesentlichen in Höhe der Bearbeitungsebene 1 zwei zueinander parallele Längsführungen 2 angeordnet. Bei anderen Ausführungen können die Längsführungen 2 auch seitlich, unterhalb oder oberhalb der Bearbeitungsebene positioniert sein, wenn dies bei-

spielsweise für die Zugänglichkeit zum auf der Bearbeitungsebene befindlichen Werkstück vorteilhaft ist.

Oberhalb der Bearbeitungsebene 1 erhebt sich ein U-förmiger Portalaufbau, der aus zwei Tragsäulen 3 und einem sich zwischen diesen beiden Tragsäulen erstreckenden Tragbalken 4 besteht. Die Abmaße der Längsführungen 2 und des U-förmigen Portalaufbaus bestimmen den Bearbeitungsraum, innerhalb dessen vom Automaten die gewünschten Arbeiten ausgeführt werden können. Die Tragsäulen können aber auch verkürzt ausgebildet sein und auf einem festen Unterbau (z. B. aus Granit) angeordnet werden, um die gewünschte Bearbeitungshöhe zu erzielen. Die Tragsäulen 3 sind jeweils über ein Lagerelement 5 an jeweils einer Längsführung 2 befestigt. An der Längsführung 2 ist weiterhin eine erste Antriebseinheit 7 angeordnet, die ein Motormodul 7a und ein Lagermodul 7b umfaßt. Von dem Motormodul 7a und dem Lagermodul 7b erstreckt sich eine Linearführung 8. Die in der Figur vordere Längsführung 2 besitzt an den beiden Enden der Linearführung 8 jeweils ein Lagermodul 7b. Die Antriebskraft wird bei dieser Ausführungsform somit nur an der in der Figur hinten dargestellten Längsführung 2 aufgebracht. Sofern höhere Antriebskräfte benötigt werden, kann auch die zweite Längsführung mit einem aktiven Motormodul ausgerüstet sein oder es wird ein Getriebe vorgesehen (beispielsweise eine Welle), mit dessen Hilfe die von einem Motormodul erzeugte Antriebskraft auch an die zweite Längsführung übertragen wird. Über ein geeignetes Getriebeelement, beispielsweise einen Zahnriemen oder einen Spindelantrieb, welcher längs der Linearführung 8 verläuft, wird die erzeugte Antriebskraft auf das Lagerelement 5 übertragen, so daß der U-förmige Portalaufbau in Längsrichtung zu einer Bewegung angetrieben wird. In der Figur ist ein mit x bezeichneter Richtungspfeil dargestellt, der den Verlauf dieser Längsrichtung beschreibt.

In gleicher Weise ist der Tragbalken 4 mit einer zweiten Antriebseinheit 10 ausgestattet, die aus einem Motormodul 10a und einem Lagermodul 10b besteht. Zwischen dem Motormodul 10a und dem Lagermodul 10b verläuft ebenfalls eine Linearführung 8. Am Tragbalken 4 ist unter Ausnutzung der Linearführung eine Kreuzlagereinheit 11 angeordnet, die einerseits der Lagerung am Tragbalken 4 und andererseits der Lagerung eines senkrecht zum Tragbalken 4 verlaufenden Werkzeugarms 12 dient. Der Werkzeugarm 12 ist in gleicher Weise wie der Tragbalken 4 und die Längsführungen 2 gestaltet und weist ebenfalls eine Linearführung 8 auf, die mit der Kreuzlagereinheit 11 zusammenwirkt. Am Werkzeugarm 12 ist eine dritte Antriebseinheit 13 mit einem Motormodul 13a und einem Lagermodul 13b vorgesehen. Die zweite Antriebseinheit 10 bewirkt in der bezüglich der Längsführung 2 beschriebenen Weise eine lineare Bewegung der Kreuzlagereinheit 11 mit dem Werkzeugarm 12 entlang einer Querrichtung, die in der Figur mit einem Richtungspfeil y veranschaulicht ist. Wiederum in gleicher Weise bewirkt die dritte Antriebseinheit 13 eine Vertikalbewegung des Werkzeugarms 12 in bezüglich der Bearbeitungsebene 1 vertikaler Richtung, was durch den in der Figur eingezeichneten Richtungspfeil z veranschaulicht wird.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß die einzelnen Elemente des U-förmigen Portalaufbaus in den unterschiedlichsten Abmessungen angewendet werden können. Durch den modularen Aufbau der Antriebseinheiten können die zwischen Motormodul und Lagermodul angeordneten Linearführungen auch ausgetauscht werden, so daß der Automat schnell an geänderte Produktionsanforderungen angepaßt werden kann. Aufgrund des modularen Aufbaus lassen sich auch verschiedene Leistungsklassen von Antriebsmodulen und Getriebevarianten vorteilhaft miteinander kombinieren.

An dem unteren, der Bearbeitungsebene 1 zugewandten

Ende des Werkzeugarms 12 ist eine Drehmoduleinheit befestigt, die aus einem ersten Drehmodul 15 und einem zweiten Drehmodul 16 besteht. Die Drehmodule 15, 16 sind wiederum aus zwei Einzelmodulen zusammengesetzt, nämlich einem Fixmodul 15a bzw. 16a und einem beweglichen Modul 15b bzw. 16b. Die Drehachsen der beiden Drehmodule 15, 16 liegen bei dieser Ausführungsform parallel zur Bearbeitungsebene 1 und senkrecht zueinander. Da das Fixmodul des zweiten Drehmoduls 16a am beweglichen Modul des ersten Drehmoduls 15b befestigt ist, bewirkt eine Aktivierung des ersten Drehmoduls 15 eine kreisförmige Bewegung des zweiten Drehmoduls 16 um die Drehachse des ersten Drehmoduls.

Bei anderen Ausführungsformen kann das erste Drehmodul so angeordnet sein, daß seine Drehachse senkrecht zur Bearbeitungsebene, also parallel oder achssymmetrisch zu der entlang des Werkzeugarms verlaufenden Vertikalachse verläuft. Die Drehachse des zweiten Drehmoduls ist auch bei dieser Ausführung senkrecht zur Drehachse des ersten Drehmoduls, also parallel zur Bearbeitungsebene, angeordnet. Die mit dieser Anordnung erzielbare Bewegungsfreiheit des am zweiten Drehmodul über dem Werkzeugträger befestigten Werkzeugs entspricht hinsichtlich der Bewegungsfreiheit der vorher beschriebenen Ausführungsform. Auch mit dieser 5-Achsen-Anordnung können Bewegungsbahnen abgefahren werden, wie dies bei Geräten nach dem Stand der Technik nur durch einen 6-Achsen-Aufbau möglich ist. Die zuletzt genannte Ausführungsform eignet sich vor allem beim Einsatz an Automaten, die als Werkzeug einen Laser verwenden.

Am beweglichen Modul des zweiten Drehmoduls 16b ist ein Werkzeugträger 17 befestigt, der ein Werkzeug 18 trägt. Die Aktivierung des zweiten Drehmoduls 16 bewirkt daher eine kreisförmige Bewegung des Werkzeugträgers 17 mit dem Werkzeug 18 um die Drehachse des zweiten Drehmoduls.

Vorzugsweise sind die einzelnen aktiven Module (Motormodule und Drehmodule) von einer Bauart, die sowohl in mechanischer als auch in steuerungstechnischer Hinsicht aufeinander abgestimmt sind. Die mechanische Konformität ermöglicht eine leichte Aneinanderreihung verschiedener Module unter Einsparung zusätzlicher Verbindungselemente bzw. unter Anwendung einfacher standardisierter Verbindungselemente. In steuerungstechnischer Hinsicht sind die aktiven Module dahingehend aufeinander abgestimmt, daß sie in der Lage sind, von einem seriellen Datenbus Daten zu empfangen und an nachfolgende Module weiterzuliefern. Vorzugsweise werden Module aus der Produktlinie "MoRSE" verwendet, die in der Beschreibungseinleitung näher bezeichnet sind. Natürlich können auch andere aktive Module eingesetzt werden, soweit sie die beschriebenen Anforderungen erfüllen.

Fig. 2 zeigt in einer perspektivischen Ansicht den erfindungsgemäßen Automaten aus Fig. 1, wobei die Drehmoduleinheit, bestehend aus dem ersten Drehmodul 15 und dem zweiten Drehmodul 16 in einer ersten Arbeitsposition dargestellt ist. Es ist erkennbar, daß sowohl das bewegliche Modul des ersten Drehmoduls 15b gegenüber dem Fixmodul 15a, als auch das bewegliche Modul des zweiten Drehmoduls 16b gegenüber dem Fixmodul 16a eine verdrehte Stellung eingenommen haben. Daraus resultiert eine schräg im Bearbeitungsraum liegende Position des Werkzeugs 18. Das Werkzeug 18 kann beispielsweise ein Wasserstrahl-Schneidgerät oder ein Schweißgerät sein. Natürlich können an dem erfindungsgemäßen Automaten auch beliebige andere Werkzeuge befestigt werden, mit denen im Bearbeitungsraum eine spezifische Aufgabe zu lösen ist. Damit das Werkzeug 18 eine der Arbeitsaufgabe entsprechende Bewe-

gungsbahn durchläuft, ist eine koordinierte Ansteuerung der Motormodule und der Drehmodule erforderlich.

Fig. 3 zeigt in einer perspektivischen Detailansicht den Werkzeugarm 12, der in der Kreuzlagereinheit 11 geführt ist. Zur Vereinfachung ist der übrige Portalaufbau nicht dargestellt. Am unteren Ende des Werkzeugarms 12 ist wiederum die Drehmoduleinheit angeordnet. In diesem Fall ist an dem Lagermodul 13b seitlich ein erstes Flanschelement 20 befestigt, dessen anderes Ende mit dem Fixmodul 15a des ersten Drehmoduls verbunden ist. Das erste Flanschelement 20 ist so gestaltet, daß die Drehachse des ersten Drehmoduls 15 wiederum parallel zur Bearbeitungsebene und senkrecht zur Vertikalachse des Werkzeugarms 12 verläuft. Außerdem wird ein seitlicher Versatz erreicht, wodurch die Vertikalachse durch das Zentrum des beweglichen Moduls 15b des ersten Drehmoduls verläuft. An dem beweglichen Modul 15b ist seitlich ein zweites Flanschelement 21 angeflanscht, welches an seinem anderen Ende das Fixmodul 16a des zweiten Drehmoduls trägt. Aufgrund der geeigneten Wahl der Abmessungen des ersten und des zweiten Flanschelements 20, 21 und der gleichförmigen, würfelartigen Gestaltung der beweglichen Module und der Fixmodule wird erreicht, daß die Drehachse des ersten Drehmoduls durch das Zentrum des beweglichen Moduls 16b des zweiten Drehmoduls verläuft. Da der Werkzeugträger und das daran angeordnete Werkzeug seitlich am beweglichen Modul des zweiten Drehmoduls 16b befestigt werden, befindet sich das Werkzeug in allen Positionen, die während der Arbeitsbewegung eingenommen werden können, unmittelbar vor der Vertikalachse des Werkzeugarms 12.

Eine derartige Anordnung der beiden Drehmodule wirkt letztlich wie ein Kugelgelenk, welches die Verbindung zwischen Werkzeugarm und Werkzeug herstellt. Da dieses Kugelgelenk direkt vor der Vertikalachse (z-Achse) angeordnet ist, kann der Bearbeitungsraum wesentlich besser ausgenutzt werden, als dies beispielsweise bei der Verwendung eines Handgelenkmoduls möglich wäre. Außerdem ist der erforderliche Verfahrensweg der Vertikalführung geringer als bei Geräten nach dem Stand der Technik, so daß die erzielbaren Bearbeitungsgeschwindigkeiten höher sind.

Fig. 4 zeigt in einer weiteren seitlichen Ansicht die am unteren Ende des Werkzeugarms 12 angeordnete Drehmoduleinheit, die bereits in Fig. 3 dargestellt ist. In diesem Fall ist die Drehmoduleinheit in einem Zustand gezeigt, bei welchem das bewegliche Modul des ersten Drehmoduls 15b gegenüber dem Fixmodul 15a verdreht ist. Durch diese Verdrehung wird das bewegliche Modul des zweiten Drehmoduls 16b nach unten und das Fixmodul 16a nach oben verschwenkt. Die Flanschelemente 20, 21 werden konstruktiv an die durchzuführenden Bewegungsabläufe angepaßt, so daß gegebenenfalls von den Drehmodulen auch Drehbewegungen um 360° ausgeführt werden können.

Fig. 5 zeigt in einer weiteren seitlichen Detailansicht die am unteren Ende des Werkzeugarms 12 angeordnete Drehmoduleinheit in einer veränderten Bewegungsposition. Das bewegliche Modul des ersten Drehmoduls 15b ist wiederum gegenüber dem Fixmodul 15a in einer verdrehten Position dargestellt, wie diese bereits in Fig. 4 gezeigt ist. Darüber hinaus hat das bewegliche Modul des zweiten Drehmoduls 16b in der in Fig. 5 gezeigten Ansicht eine verdrehte Position gegenüber dem Fixmodul 16a eingenommen.

Aus diesen beispielhaften Ansichten ist erkennbar, daß durch geeignete Ansteuerungen der beiden Drehmodule und der drei zum Automaten gehörenden Linearantriebe jede gewünschte Position im Bearbeitungsraum mit dem Werkzeug angefahren werden kann.

Patentansprüche

1. Automat zur Positionierung eines Werkzeugs (18), wobei das Werkzeug an beliebigen Punkten innerhalb eines Bearbeitungsraums positionierbar ist, umfassend:
 - eine Bearbeitungsebene (1);
 - mindestens zwei zueinander parallele Längsführungen (2);
 - einen U-förmigen Portalaufbau, der sich über die Bearbeitungsebene erhebt, bestehend aus
 - zwei Tragsäulen (3), die jeweils an mindestens einer der Längsführungen (2) geführt sind, und
 - einem Tragbalken (4), der sich zwischen den beiden Tragsäulen erstreckt und eine Querführung bereitstellt;
 - eine erste Antriebseinheit (7) für eine Längsbewegung des Portalaufbaus;
 - einen mit einer im wesentlichen senkrecht zur Bearbeitungsebene verlaufenden Vertikalführung ausgerüsteten Werkzeugarm (12), der mit einer Kreuzlagereinheit (11) verbunden ist, die einerseits in der Querführung des Tragbalkens (4) und andererseits in der Vertikalführung des Werkzeugarms geführt ist;
 - eine zweite Antriebseinheit (10) für die Querbewegung der Kreuzlagereinheit (11) mit dem Werkzeugarm (12);
 - eine dritte Antriebseinheit (13) für die Vertikalbewegung des Werkzeugarms (12) in der Kreuzlagereinheit (11);
 - eine Drehmoduleinheit, die an dem der Bearbeitungsebene zugewandten Ende des Werkzeugarms (12) befestigt ist, bestehend aus
 - einem ersten Drehmodul (15) und
 - einem zweiten Drehmodul (16), welches drehbar am ersten Drehmodul befestigt ist, wobei die Drehachse des zweiten Drehmoduls senkrecht zur Drehachse des ersten Drehmoduls verläuft; und
 - einen Werkzeugträger (17), der drehbar am zweiten Drehmodul (16) befestigt ist und das Werkzeug (18) trägt.
2. Automat nach Anspruch 1, wobei das zweite Drehmodul (16) so am ersten Drehmodul (15) befestigt ist, daß das am Werkzeugträger (17) befestigte Werkzeug (18) achssymmetrisch zur Drehachse des ersten Drehmoduls angeordnet ist, wenn die Verdrehung des zweiten Drehmoduls 0° beträgt.
3. Automat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachsen des ersten (15) und des zweiten Drehmoduls (16) parallel zur Bearbeitungsebene (1) verlaufen.
4. Automat nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse des ersten Drehmoduls (15) die Symmetrieachse der Vertikalführung des Werkzeugarms (12) schneidet.
5. Automat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehachse des ersten Drehmoduls (15) senkrecht zur Bearbeitungsebene (1) verläuft, und daß die Drehachse des zweiten Drehmoduls (16) parallel zur Bearbeitungsebene verläuft.
6. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß alle Antriebseinheiten und Drehmodule autarke Krafterzeugungseinheiten sind, die eine einheitliche Schnittstelle zum Datenaustausch besitzen und über einen seriellen Datenbus ansteuerbar sind.
7. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die erste, zweite und dritte

Antriebseinheit jeweils aus einem Motormodul (7a, 10a, 13a) und einem Lagermodul (7b, 10b, 13b) bestehen, zwischen denen eine Linearführung (8) verläuft, welche die Längsführung bzw. die Querführung bzw. die Vertikalführung bereitstellt.

8. Automat nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Motormodule (7a, 10a, 13a) und Lagermodule (7b, 10b, 13b) würfelförmig gestaltet sind.

9. Automat nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die im Motormodul (7a, 10a, 13a) erzeugte Drehbewegung mit einem längs der Linearführung (8) verlaufenden Zahnriemen in die Linearbewegung umgesetzt wird.

10. Automat nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die im Motormodul (7a, 10a, 13a) erzeugte Drehbewegung mit einem längs der Linearführung (8) angeordneten Spindeltrieb in die Linearbewegung umgesetzt wird.

11. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das erste (15) und zweite Drehmodul (16) jeweils aus zwei Würfeln (15a, 15b; 16a, 16b) bestehen, die zueinander verdrehbar sind.

12. Automat nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß an den freien Würfelflächen der Motor-, Lager- bzw. Drehmodule Verbindungselemente (20, 21) befestigbar sind.

13. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß am Werkzeugträger ein Fügenahtverfolgungssystem angeordnet ist.

14. Automat nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Fügenahtverfolgungssystem ein Kraft-Momenten-Sensor ist.

15. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Tragsäulen (3) auf ein konstruktiv notwendiges Maß verkürzt sind und auf einem festen Unterbau angeordnet sind, der sich zwischen Bearbeitungsebene (1) und Längsführungen (2) erhebt.

16. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (18) ein Schweißgerät ist.

17. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (18) ein Wasserstrahl-Schneidgerät ist.

18. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (18) ein Laser ist. 19. Automat nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkzeug (18) ein Greifer ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

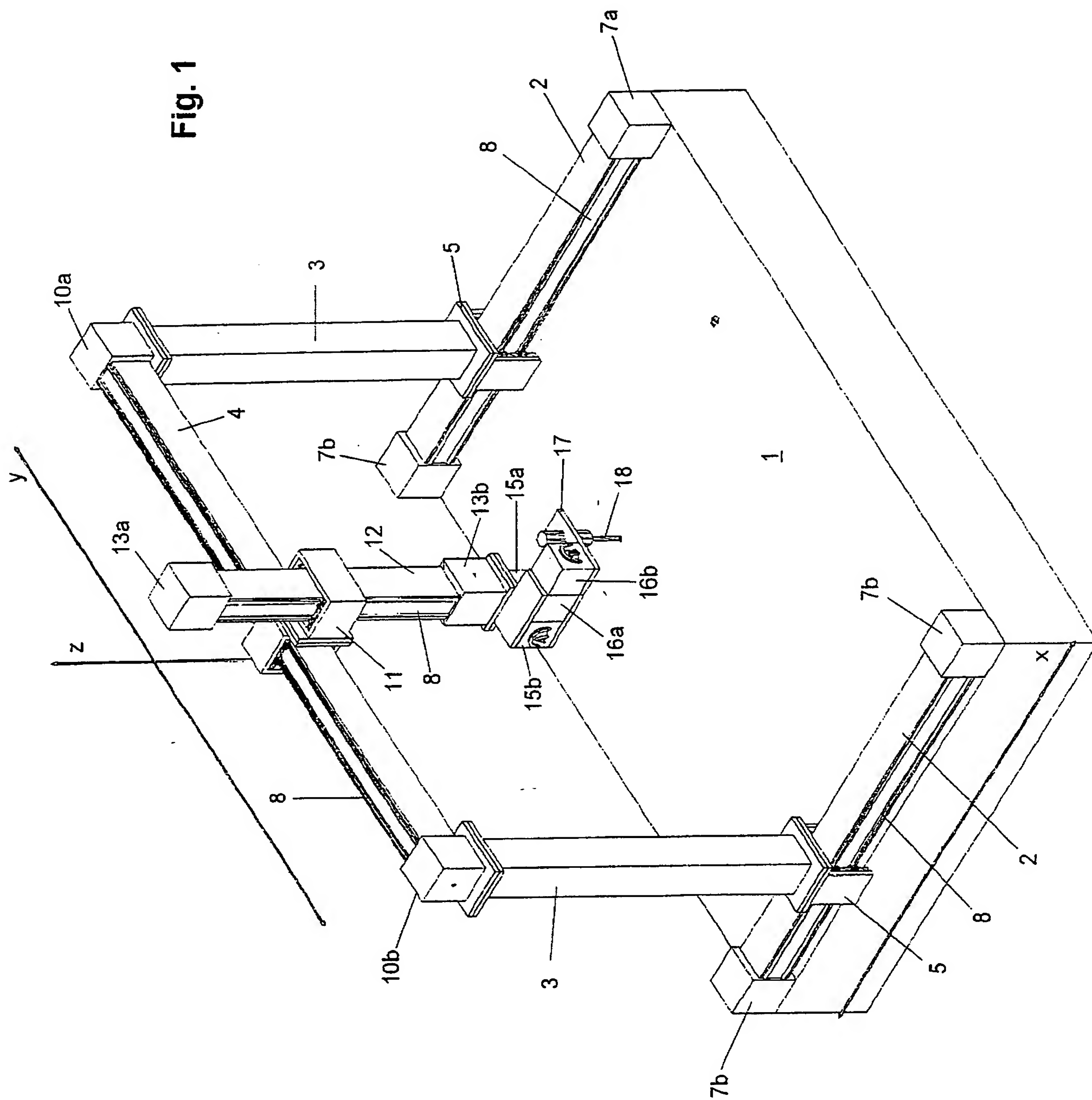


Fig. 2

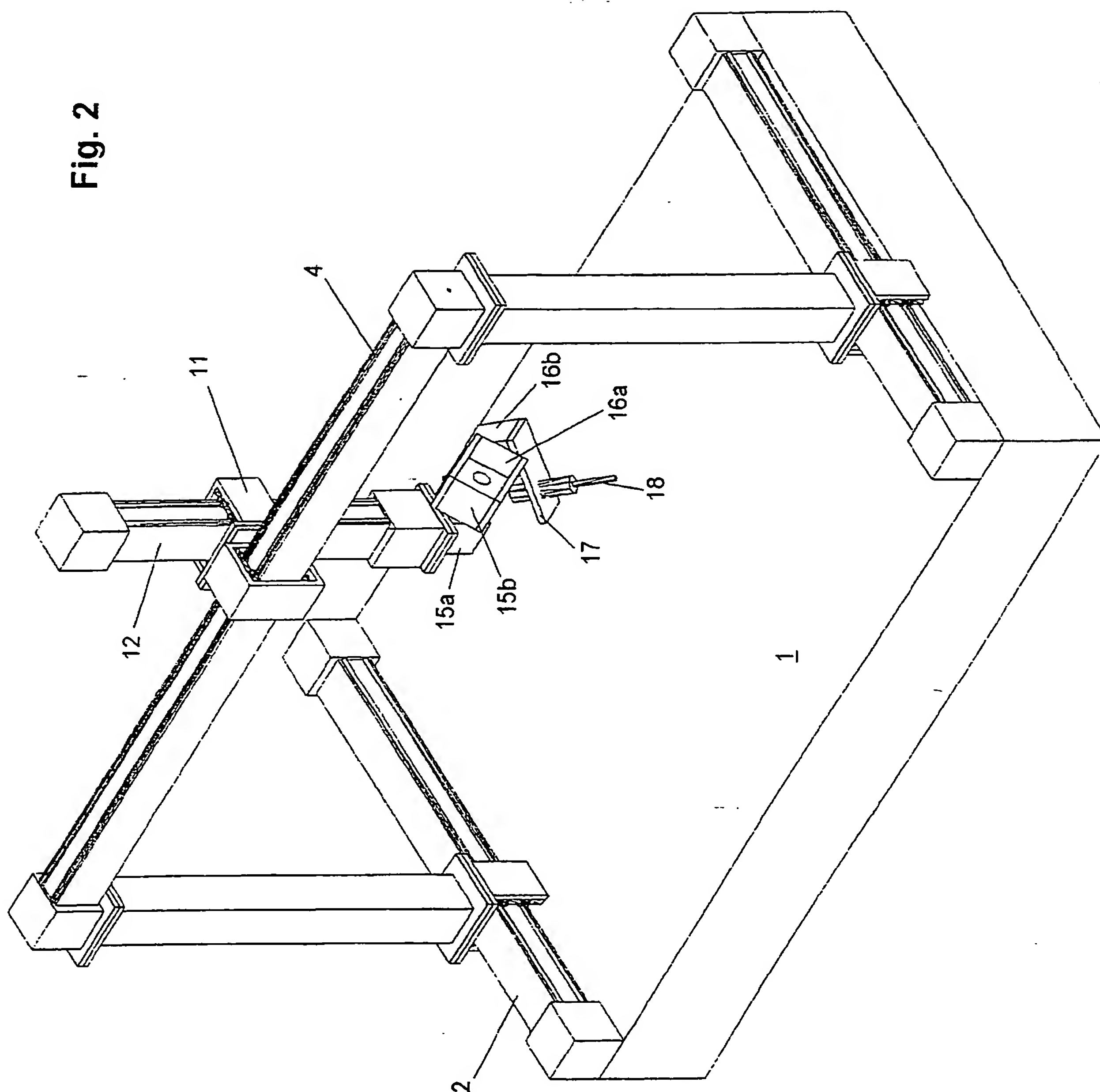


Fig. 3

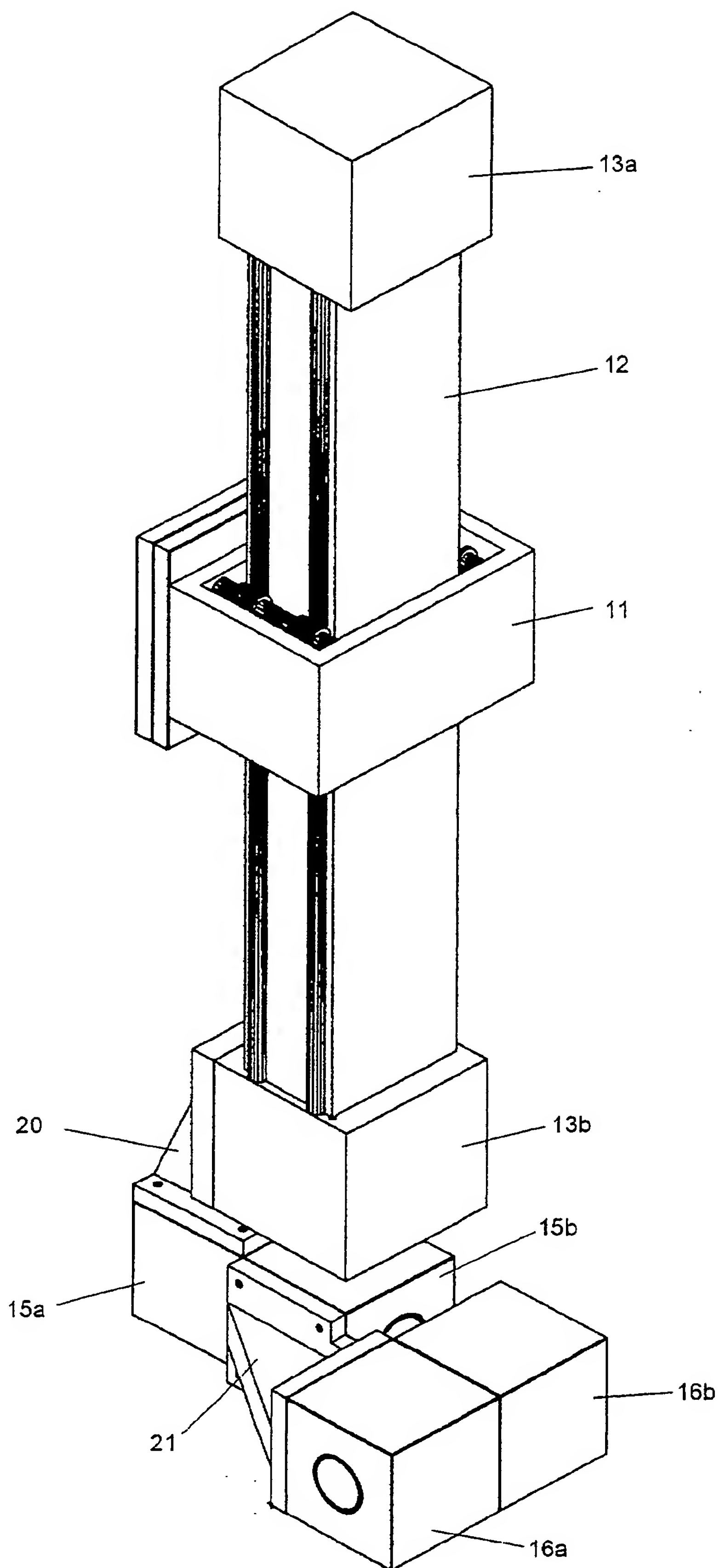


Fig. 4

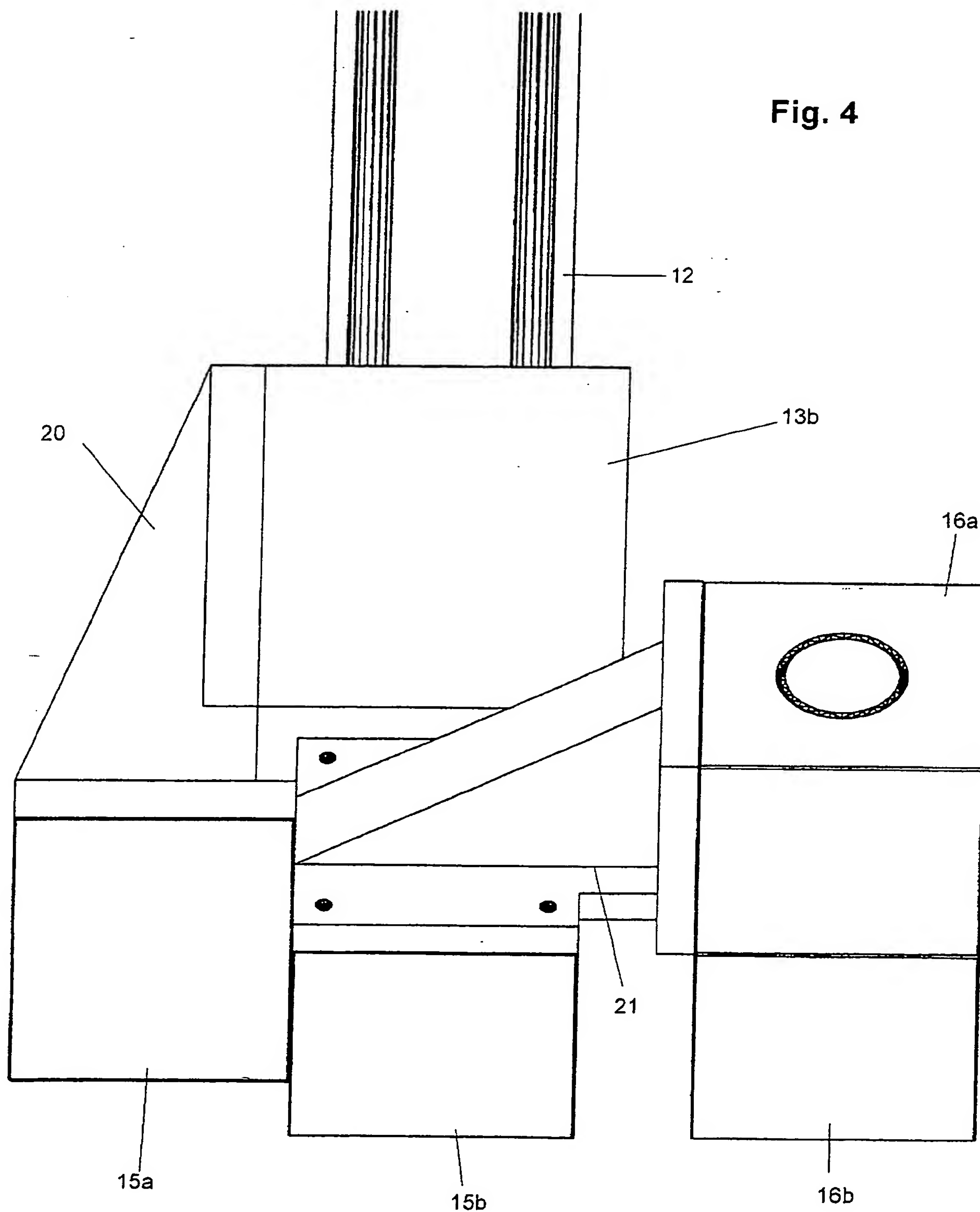


Fig. 5

